

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان  
دانشکده‌ی علوم  
گروه فیزیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد  
رشته‌ی فیزیک گرایش اتمی و مولکولی

عنوان پایان‌نامه  
بررسی اثرات ابعاد نقاط کوانتومی گالیم-آرسنیک استوانه‌ای و بازه‌ی  
فرکانس لیزر پمپ بر روی شفافیت القایی الکترومغناطیسی

استاد راهنما  
دکتر حسن رنجبر عسکری

نگارنده  
زهرا راکی

مهرماه ۱۳۹۲



دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان  
دانشکده‌ی علوم  
گروه فیزیک


پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد  
رشته‌ی فیزیک گرایش اتمی و مولکولی

نام و نام خانوادگی دانشجو  
زهرا راکی

عنوان پایان‌نامه

بررسی اثرات ابعاد نقاط کوانتومی گالیم-آرسنیک استوانه‌ای و بازه‌ی  
فرکانس لیزر پمپ بر روی شفافیت القایی الکترومغناطیسی

در تاریخ ۹۲/۷/۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی عالی به تصویب نهایی رسید.

- |   |                             |                      |                          |       |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------|
|  | ۱- استاد راهنمای پایان‌نامه | دکتر حسن رنجبر عسکری | با مرتبه‌ی علمی دانشیار  | امضاء |
|  | ۲- استاد داور داخل گروه     | دکتر مهیار ماهجویی   | با مرتبه‌ی علمی استادیار | امضاء |
|  | ۳- استاد داور داخل گروه     | دکتر جمیله سیدیزدی   | با مرتبه‌ی علمی استادیار | امضاء |
|  | ۴- نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی | دکتر محمود رضا رقاصی | با مرتبه‌ی علمی استادیار | امضاء |

تمامی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های  
حاصل از پژوهش موضوع این پایان‌نامه، متعلق به دانشگاه  
ولی‌عصر (عج) رفسنجان است.

سپاسگزاری:

با سپاس از خالق مهربانم که همه‌ی وجودم از حمد و ستایش درخور مهربانیش، عزتش و الطافش قاصر است. با سپاس از پدر و مادر مهربانم که در تمام سال‌های عمرم وجودشان گرما بخش و دعایشان امید بخش راه زندگی‌ام بوده است. با سپاس از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر حسن رنجبر عسکری که سالها از ایشان علم و اخلاق آموختم و همواره با فروتنی و مهربانی راهنمای من بودند. با سپاس از برادران عزیزم که همواره تکیه گاه من در پیمودن راه دشوار زندگی هستند. با سپاس از خواهرانم، فرشتگان مهربان زندگی‌ام که محبت هایشان مایه دلگرمی من است.

تقدیم به

ساحت مقدس علی ابن موسی الرضا (ع)

و

روان پاک پدر مهربانم که هنوز رفتنش را باور ندارم.

## چکیده

در این پژوهش، ابتدا ضریب پذیرفتاری یک سیستم سه ترازی با استفاده از رهیافت ماتریس چگالی جهت بررسی پدیده‌ی اپتیکی شفافیت القایی الکترومغناطیسی محاسبه شده است. سپس با حل معادله‌ی شرودینگر، ویژه توابع و ویژه مقادیر نقطه‌ی کوانتومی استوانه‌ای گالیم- آرسنیک با پتانسیل سهموی، بدون در نظر گرفتن اثر اسپین- مدار محاسبه شده است. با در نظر گرفتن قطبش نور در دو جهت  $X$  و  $Z$ ، و همچنین با در نظر گرفتن فرکانس رابی لیزر کنترل به صورت ضریبی از نرخ واهلش، اثرات ابعاد نقاط کوانتومی و همچنین عدم تنظیمی فرکانس لیزر کنترل بررسی شده است. در ادامه با در نظر گرفتن اثر اسپین- مدار و همچنین وابستگی فرکانس رابی لیزر کنترل به ابعاد نقاط کوانتومی و قطبش نور، بار دیگر اثرات ابعاد نقاط کوانتومی و عدم تنظیمی فرکانس لیزر کنترل بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که برای نور با قطبش  $X$ ، افزایش شعاع نقاط کوانتومی استوانه‌ای، باعث افزایش در بیشینه‌های قسمت حقیقی و موهومی ضریب پذیرفتاری و همچنین جابه‌جایی محل قله‌ها می‌شود. این در حالی است که با تغییر ارتفاع نقاط کوانتومی هیچ‌گونه تغییری در ضریب پذیرفتاری سیستم رخ نمی‌دهد. اما برای نور با قطبش  $Z$ ، افزایش ارتفاع نقاط کوانتومی استوانه‌ای، باعث افزایش در بیشینه‌های قسمت حقیقی و موهومی ضریب پذیرفتاری و همچنین جابه‌جایی محل قله‌ها می‌شود. این در حالی است که با تغییر شعاع نقاط کوانتومی هیچ‌گونه تغییری در ضریب پذیرفتاری سیستم رخ نمی‌دهد.

**واژگان کلیدی:** ابعاد نقاط کوانتومی استوانه‌ای، شفافیت القایی الکترومغناطیسی، عدم تنظیمی

فرکانس لیزر کنترل

صفحة	عنوان
۱.....	فصل اول: مقدمه.....
۵.....	فصل دوم: نانوساختارهای نیمرسانا.....
۵.....	۱-۲ مقدمه.....
۵.....	۲-۲ نیمرساناها.....
۶.....	۱-۲-۲ اکسایتون‌ها.....
۷.....	۳-۲ نانوساختارهای نیمرسانا.....
۸.....	۱-۳-۲ چاه کوانتومی.....
۱۰.....	۲-۳-۲ سیسم کوانتومی.....
۱۱.....	۳-۳-۲ نقاط کوانتومی.....
۱۳.....	فصل سوم: شفافیت القایی الکترومغناطیسی.....
۱۳.....	۱-۳ مقدمه.....
۱۴.....	۲-۳ شفافیت القایی الکترومغناطیسی در یک مدل سه ترازی.....
۱۷.....	۳-۳ EIT و تولید نور کند.....
۱۷.....	۱-۳-۳ مقدمه.....
۱۸.....	۲-۳-۳ تئوری نور کند.....



صفحه	عنوان
۲۰	۴-۳ کاربردها.....
۲۰	۱-۴-۳ حافظه‌های کوانتومی.....
۲۲	۲-۴-۳ طیف سنجی.....
۲۳	۳-۴-۳ دماسنجی گازهای فوق سرد.....
۲۳	۵-۳ نظریه‌ی اختلال در شفافیت القایی الکترومغناطیسی.....
۲۳	۱-۵-۳ مقدمه.....
۲۳	۲-۵-۳ تئوری.....
۲۹	۶-۳ حالت تاریک، تله اندازی همدوس جمعیت (CPT).....
۲۹	۱-۶-۳ مقدمه.....
۲۹	۲-۶-۳ تئوری.....
	<b>فصل چهارم: شفافیت القایی الکترومغناطیسی در نقاط کوانتومی استوانه‌ای بدون در نظر</b>
۳۵	<b>گرفتن اثر اسپین - مدار.....</b>
۳۵	۱-۴ مقدمه.....
۳۶	۲-۴ تئوری EIT به روش ماتریس چگالی.....
۴۲	۳-۴ نقاط کوانتومی استوانه‌ای.....
۴۳	۴-۴ محاسبات.....
۴۵	۵-۴ بحث و نتایج.....
۴۹	۱-۵-۴ اثرات ارتفاع.....
۵۲	۲-۵-۴ اثرات شعاع.....

صفحه	عنوان
۵۵.....	۳-۵-۴ اثرات فرکانس رابی کنترل.....
۵۶.....	۴-۵-۴ اثرات نرخ واهلش تراز $ 1\rangle$ .....
۵۸.....	۵-۵-۴ اثرات عدم تنظیمی لیزر کنترل ( $\Delta_c$ ).....
۶۳.....	فصل پنجم: شفافیت القایی الکترومغناطیسی در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با در نظر گرفتن اثر اسپین - مدار.....
۶۳.....	۱-۵ مقدمه.....
۶۴.....	۲-۵ تئوری.....
۶۸.....	۳-۵ محاسبات.....
۷۴.....	۴-۵ بحث و نتایج.....
۷۸.....	۱-۴-۵ اثرات ارتفاع.....
۸۱.....	۲-۴-۵ اثرات شعاع.....
۸۴.....	۳-۴-۵ اثرات بزرگی میدان لیزر کنترل.....
۸۷.....	۴-۴-۵ اثرات نرخ واهلش تراز $ 1\rangle$ .....
۹۰.....	۵-۴-۵ اثرات عدم تنظیمی لیزر کنترل ( $\Delta_c$ ).....
۹۷.....	فصل ششم: نتیجه گیری.....
۱۰۱.....	مراجع.....

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: نانو ساختارها و نمودار چگالی حالت‌های آن‌ها در مقایسه با حالت کپه‌ای.....	۸
شکل ۲-۲: ساختار الکترونی نقاط کوانتومی در اندازه‌های متفاوت.....	۱۲
شکل ۲-۳: یک مدل سه ترازی با پیکربندی $\Lambda$ در حضور میدان کاوشگر و میدان کنترل.....	۱۵
شکل ۳-۳: نمودار مربوط به قسمت موهومی پذیرفتاری یک سیستم در حضور میدان کنترل (پدیده‌ی EIT) (خط چین) و عدم حضور میدان کنترل (خط تیره).....	۱۶
شکل ۴-۳: نمودار مربوط به قسمت حقیقی پذیرفتاری (ضریب شکست) یک سیستم در حضور میدان کنترل (خط چین) و عدم حضور میدان کنترل (خط تیره).....	۱۹
شکل ۵-۳: ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات بر روی حافظه‌های کوانتومی با استفاده از EIT.....	۲۱
شکل ۶-۳: حذف هم پوشانی در طیف سنجی با استفاده از EIT.....	۲۲
شکل ۷-۳: سیستم سه ترازی با پیکربندی $\Lambda$ در برهم کنش با دو میدان با فرکانس‌های $\omega_c$ و $\omega_p$ .....	۳۰
شکل ۱-۴: سیستم سه ترازی با پیکربندی $\Lambda$ در حضور لیزر کاوشگر و کنترل.....	۳۶
شکل ۲-۴: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در حضور میدان لیزر کنترل و عدم حضور میدان لیزر کنترل برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X.....	۴۶

- شکل ۴-۳: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در حضور میدان لیزر کنترل و عدم حضور میدان لیزر کنترل برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X. ۴۷.....
- شکل ۴-۴: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در ارتفاع‌های متفاوت در  $\Omega_c = 2\gamma_{02}$  برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X. ۴۹.....
- شکل ۴-۵: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در ارتفاع‌های متفاوت در  $\Omega_c = 2\gamma_{02}$  برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X. ۵۰.....
- شکل ۴-۶: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با شعاع‌های متفاوت در  $\Omega_c = 2\gamma_{02}$  برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X. ۵۲.....
- شکل ۴-۷: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با شعاع‌های متفاوت در  $\Omega_c = 2\gamma_{02}$  برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X. ۵۳.....
- شکل ۴-۸: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با فرکانس‌های رابی لیزر کنترل متفاوت برای قطبش در جهت X. ۵۴.....
- شکل ۴-۹: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با فرکانس‌های رابی لیزر کنترل متفاوت برای قطبش در جهت X. ۵۵.....
- شکل ۴-۱۰: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\gamma_{01}$  متفاوت برای قطبش در جهت X. ۵۶.....

- شکل ۴-۱۱: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\gamma_{01}$  متفاوت  
برای قطبش در جهت X..... ۵۶
- شکل ۴-۱۲: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  متفاوت  
برای قطبش در جهت X در (a)  $\Delta_c > 0$  و (b)  $\Delta_c < 0$ ..... ۵۸
- شکل ۴-۱۳: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  متفاوت  
برای قطبش در جهت X در (a)  $\Delta_c > 0$  و (b)  $\Delta_c < 0$ ..... ۵۹
- شکل ۵-۱: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در حضور میدان  
لیزر کنترل و عدم حضور میدان لیزر کنترل در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z  
(b) قطبش در جهت X..... ۷۶
- شکل ۵-۲: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در حضور میدان  
لیزر کنترل و عدم حضور میدان لیزر کنترل در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z  
(b) قطبش در جهت X..... ۷۷
- شکل ۵-۳: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در ارتفاع‌های  
متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش  
در جهت X..... ۷۹
- شکل ۵-۴: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در ارتفاع‌های  
متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b)  
قطبش در جهت X..... ۸۰

شکل ۵-۵: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در شعاع‌های متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۲

شکل ۶-۵: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در شعاع‌های متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۳

شکل ۷-۵: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در  $E_c$  های متفاوت در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۵

شکل ۸-۵: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در  $E_c$  های متفاوت در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۶

شکل ۹-۵: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در  $\gamma_{01}$  متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۸

شکل ۱۰-۵: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای در  $\gamma_{01}$  متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a) قطبش در جهت Z (b) قطبش در جهت X ..... ۸۹

شکل ۱۱-۵: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای (a)  $\Delta_c < 0$  و (b)  $\Delta_c > 0$  ..... ۹۱

شکل ۵-۱۲: نمودار قسمت موهومی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  های متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای قطبش در جهت x در (a)  $\Delta_c < 0$  و (b)  $\Delta_c > 0$  ..... ۹۲

شکل ۵-۱۳: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای قطبش در جهت z در (a)  $\Delta_c < 0$  و (b)  $\Delta_c > 0$  ..... ۹۳

شکل ۵-۱۴: نمودار قسمت حقیقی ضریب پذیرفتاری در نقاط کوانتومی استوانه‌ای با  $\Delta_c$  متفاوت در  $E_c = 0.7 \times 10^6 V/m$  در حالت اسپین - پایین برای قطبش در جهت x در (a)  $\Delta_c < 0$  و (b)  $\Delta_c > 0$  ..... ۹۴

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۴۹	جدول ۴-۱: مقدار $(\Delta_p/\gamma_{02})^{\max}$ ، $\text{Im}(\chi)^{\max}$ و $\text{Re}(\chi)^{\max}$ برای ارتفاع‌های متفاوت نقاط کوانتومی در $R = 10\text{nm}$ و $\Omega_c = 2\gamma_{02}$ برای قطبش Z.....
۵۲	جدول ۴-۲: مقدار $(\Delta_p/\gamma_{02})^{\max}$ ، $\text{Im}(\chi)^{\max}$ و $\text{Re}(\chi)^{\max}$ برای شعاع‌های متفاوت نقاط کوانتومی در $L = 10\text{nm}$ و $\Omega_c = 2\gamma_{02}$ برای قطبش X.....
۶۱	جدول ۴-۳: مقدار $(\Delta_p/\gamma_{02})^{\max}$ ، $\text{Im}(\chi)^{\max}$ و $\text{Re}(\chi)^{\max}$ برای $\Delta_c$ های متفاوت در $L = 10\text{nm}$ و $\Omega_c = 2\gamma_{02}$ .....
۶۲	جدول ۴-۴: مقدار $(\Delta_p/\gamma_{02})^{\max}$ ، $\text{Im}(\chi)^{\max}$ و $\text{Re}(\chi)^{\max}$ برای $\Delta_c$ های متفاوت در $\Omega_c = 2\gamma_{02}$ و $R = 10\text{nm}$ .....



## فصل ۱

### مقدمه

در دو دهه‌ی اخیر شفافیت القایی الکترومغناطیسی<sup>۱</sup> به علت اثرات جالب در عبور نور و میزان پاشندگی قابل توجه در ماده مورد توجه قرار گرفته است. در این پدیده در حضور میدان و یا میدان‌های لیزری قوی به نام لیزر کنترل، جذب میدان کاوشگر در ماده حذف می‌شود و ماده نسبت به لیزر کاوشگر به صورت شفاف عمل می‌کند. حذف جذب لیزر کاوشگر در ماده را ناشی از تداخل مخرب بین گذرگاه‌های مجاز به حالت برانگیخته می‌دانند. یکی دیگر از اثرات این پدیده ایجاد پاشندگی زیاد در ماده و تولید نور کند<sup>۲</sup> و نور فوق کند<sup>۳</sup> است [۲،۱]. نور متوقف شده توسط EIT امکان ذخیره سازی اطلاعات سوار بر نور و استفاده در سیستم‌های محاسباتی و ارتباطات از راه دور را دارا است [۳]. در سال‌های اخیر مطالعات تجربی متعددی به منظور استفاده از EIT در ذخیره سازی اطلاعات در حافظه‌های کوانتومی صورت گرفته است. در یکی از این مطالعات نوویکووا<sup>۴</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به طور تئوری و تجربی به مطالعه‌ی تولید نور کند و ذخیره سازی آن با

---

<sup>۱</sup>Electromagnetically Induced Transparency

<sup>۲</sup>Slow Light

<sup>۳</sup>Ultra Slow Light

<sup>۴</sup>Novikova

استفاده از EIT در بخار اتم‌های گرم پرداختند [۴]. همچنین این پدیده در مدل‌های سه ترازی، چهار ترازی، چند ترازی و در مواد با ساختارهای متفاوتی همانند اتم‌ها و مولکول‌های گازی، نیم‌رساناهایی نظیر چاه‌ها و نقاط کوانتومی مورد مطالعه قرار گرفته است. در یکی از این پژوهش‌ها برهم‌کنش سه لیزر با یک ساختار چهارترازی با پیکربندی سه گانه و تولید EIT دوگانه مطالعه شده است [۵]. در پژوهشی دیگر به طور تجربی این پدیده در سیستم چند ترازی اتم‌های سرد  $Rb^{87}$  و وابستگی آن به شدت لیزر کنترل بررسی شده است که مطابقت قابل توجهی با محاسبات تئوری دارد [۶]. در پژوهش محاسباتی دیگری یک سیستم کوانتومی  $N+1$  ترازی و  $N$  میدان لیزری مطالعه شده است که تولید نور کند و EIT چندگانه با  $N-1$  پنجره شفافیت از نتایج آن است [۷]. نور کند در یک پژوهش محاسباتی در سیستم سه ترازی از سیم‌های کوانتومی بررسی شده است که سرعت نور در این سیستم  $9.31 \times 10^4 m/s$  محاسبه شده است [۸]. این پدیده به صورت محاسباتی در نقاط کوانتومی نیز بررسی شده است [۹]. پدیده‌ی EIT نه تنها در زمینه‌ی اپتیک خطی، اپتیک غیر خطی، ذخیره سازی و تولید نور کند کاربرد دارد بلکه مطالعات اخیر نشان داده است که از EIT می‌توان در سایر زمینه‌ها استفاده نمود. به عنوان مثال حالت برانگیخته ریدبرگ در اتم‌های بخار  $Rb$  در دمای اتاق توسط EIT در سال ۲۰۰۸ آشکار سازی شده است [۱۰]. همچنین از این پدیده در دماسنجی گازهای فوق سرد استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که دماسنجی به روش EIT در گازهای فرا سرد از سایر روش‌ها دارای دقت بالاتری است [۱۱]. در سال ۲۰۱۲ نیز محققان با به کار گیری EIT در اسپکتروسکوپی اتم‌ها و مولکول‌ها موفق به حذف همپوشانی بین خطوط طیفی شدند [۱۲].

هدف این مطالعه بررسی اثرات ابعاد نقاط کوانتومی GaAs استوانه‌ای و همچنین مطالعه‌ی اثرات عدم تنظیمی فرکانس لیزر کنترل بر روی پدیده‌ی اپتیکی EIT است. در فصل دوم مقدمه‌ای از نانو ساختارهای نیم‌رسانا بیان شده است. در فصل سوم شفافیت القایی الکترومغناطیسی در یک مدل سه ترازی بررسی شده است، محاسبه‌ی ضریب پذیرفتاری یک سیستم سه ترازی در حضور یک لیزر کاوشگر و یک لیزر کنترل به روش اختلالی بیان شده است و همچنین برخی از کاربردهای

این پدیده مطرح شده است. در فصل چهارم ضریب پذیرفتاری یک سیستم سه ترازوی به روش ماتریس چگالی با در نظر گرفتن پارامتر عدم تنظیمی فرکانس لیزر کنترل محاسبه شده است. ویژه توابع و ویژه مقادیر مربوط به نقاط کوانتومی استوانه‌ای با در نظر گرفتن پتانسیل سهموی و بدون اثر اسپین-مدار محاسبه شده است. در نهایت اثرات ابعاد نقاط کوانتومی استوانه‌ای و هم‌چنین عدم تنظیمی فرکانسی لیزر کنترل بر روی این پدیده بررسی شده است. در فصل پنجم با در نظر گرفتن اثر اسپین-مدار، ویژه توابع و ویژه مقادیر مربوط به نقاط کوانتومی استوانه‌ای در حضور این اثر محاسبه شده است و در نهایت بار دیگر اثرات ابعاد و عدم تنظیمی لیزر کنترل بر روی این پدیده با در نظر گرفتن وابستگی فرکانس رابی<sup>۱</sup> لیزر کنترل به ابعاد نقاط کوانتومی و قطبش نور بررسی شده است.

---

<sup>۱</sup> Rabi frequency

## فصل ۲

### نانوساختارهای نیمرسانا

#### ۲-۱ مقدمه

با پیشرفت فناوری ساخت و کاربردهای گسترده‌ی مواد در ابعاد نانو، بررسی روش‌های ساخت و عوامل تاثیر گذار بر روی خواص و ساختار مواد در ابعاد نانو به ویژه نانوساختارهای نیمرسانا از اهمیت خاصی برخوردار است. در این فصل به طور مختصر روابط تبدیل یک نیمرسانای کپه‌ای به چاه کوانتومی، سیم کوانتومی و نقاط کوانتومی بیان شده است.

#### ۲-۲ نیمرساناها

با فرض این که یک بلور در حالت پایه قرار داشته باشد و هیچ تحریکی به آن اعمال نشود (دمای پایین) در این شرایط بالاترین نوار انرژی که کاملاً پر است نوار ظرفیت نامیده می‌شود و نوار بعد از آن که انرژی بیشتری دارد و خالی یا نیمه پر است نوار رسانش نامیده می‌شود. زمانی که قسمتی از نوار رسانش پر و قسمتی از آن خالی باشد آنگاه بلور یک رسانا خواهد بود که دارای